

VISUAL INSPECTION METHOD

Patent Number: JP11304723
Publication date: 1999-11-05
Inventor(s): SHIRASAWA MITSURU; MASUDA TAKESHI; NAOHARA HAJIME
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD
Requested Patent: ☐ JP11304723
Application Number: JP19980113936 19980423
Priority Number(s):
IPC Classification: G01N21/88
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a visual inspection method that can detect an uneven defect existing on the surface of an object to be inspected with the dome-shaped surface.

SOLUTION: A laser beam is applied onto the surface of a dome-shaped object 1 to be inspected in a line, the positions of a plurality of points on a curve characteristic line L being obtained by projecting the reflected light to a screen 3 are recognized for recognizing the shape of the curve characteristic line L, an inspection line with an arbitrary shape is created based on a recognition result, an uneven defect part being generated on the surface of the object to be inspected is recognized by image data on the inspection line for judging quality. The inspection line may be not only a curve but also a straight line. For example, the inspection line such as a tangent line may be set around the curve characteristic line.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-304723

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 N 21/88

識別記号

F I

G 0 1 N 21/88

Z

J

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平10-113936

(22)出願日

平成10年(1998)4月23日

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 白澤 満

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72)発明者 増田 剛

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72)発明者 直原 肇

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

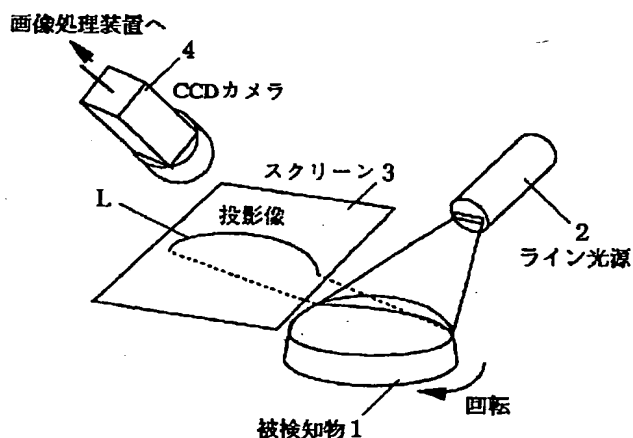
(74)代理人 弁理士 倉田 政彦

(54)【発明の名称】 外観検査方法

(57)【要約】

【課題】表面がドーム形状の被検査物について、その表面に存在する凹凸欠陥を検出できるような外観検査方法を提供する。

【解決手段】ドーム形状の被検査物1の表面にレーザ光をライン状に照射し、その反射光をスクリーン3に投影して得られる曲線特徴ラインL上の複数点の位置を認識することにより曲線特徴ラインLの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行う。検査ラインは曲線に限らず直線でも良く、例えば曲線特徴ラインの周辺に接線等の検査ラインを設定しても良い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ドーム形状の被検査物を撮像して得られた曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより曲線特徴ラインの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うことを特徴とする外観検査方法。

【請求項2】 ドーム形状の被検査物の表面にレーザー光をライン状に照射し、その反射光をスクリーンに投影して得られる曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより曲線特徴ラインの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うことを特徴とする外観検査方法。

【請求項3】 曲線特徴ラインの形状を認識するために、任意の3点より予め設定された方向に曲線特徴ライン上の点を探索し、ある濃度値以上の値を持つ画素を曲線特徴ライン上の点として認識し、認識された3点を用いて円弧を作成し、作成された円弧の大きさを少し増加方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して拡大された曲線検査ラインを作成するとともに、前記作成された円弧の大きさを少し減少方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して縮小された曲線検査ラインを作成することを特徴とする請求項1又は2に記載の外観検査方法。

【請求項4】 所定の間隔で設定された複数本の探索ライン上を走査することにより、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識し、認識された任意の2点間で接線検査ラインを設定し、接線検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の外観検査方法。

【請求項5】 曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識するために、所定の間隔で設定された複数本の探索ラインは、曲線特徴ラインの曲率の大きい被検査部分については、走査間隔を小さく設定されることを特徴とする請求項4に記載の外観検査方法。

【請求項6】 探索ライン上の画素の持つ濃度値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項7】 探索ライン上の画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項8】 探索ライン上の画素の持つ濃度値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウ

ィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の濃度値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項9】 探索ライン上の画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項10】 探索ライン上の画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在し、且つ、微分方向値がある設定範囲にある画素が連続して存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項11】 探索ライン上の画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在し、且つ、微分方向値がある設定範囲にあり、しかも微分方向値が連続的に変化している場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項12】 探索ライン上に濃度変化が大きい画素を示すエッジフラグが存在するか否かを判定し、エッジフラグが存在する場合に、その画素の持つ濃度値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の濃度値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項13】 探索ライン上に濃度変化が大きい画素を示すエッジフラグが存在するか否かを判定し、エッジフラグが存在する場合に、その画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項14】 探索ライン上に濃度変化が大きい画素を示すエッジフラグが存在するか否かを判定し、エッジフラグが存在する場合に、その画素の持つ微分値を予

め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在し、且つ、微分方向値がある設定範囲にある画素が連続して存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【請求項15】 探索ライン上に濃度変化が大きい画素を示すエッジフラグが存在するか否かを判定し、エッジフラグが存在する場合に、その画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在し、且つ、微分方向値がある設定範囲にあり、しかも微分方向値が連続的に変化している場合に曲線特徴ライン上の点と認識することを特徴とする請求項4又は5に記載の外観検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面がドーム形状の被検査物について、画像処理を用いて予め設定された検査領域内において、被検査物表面の凹みあるいは突起等の凹凸欠陥を検出する外観検査方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、外観検査による欠陥抽出方法として、当社の特開平3-175343号公報に開示されているように、被検査物の表面を撮像して得られた画像に所定の検査領域を設定し、該領域内をラスタ走査して、所定のアルゴリズムに従って微分画像、エッジ画像等を求めて、被検査物表面の欠陥を抽出する方法が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来例は、被検査物の表面形状が平面である場合には検査光学系のセッティングも容易で確実に検査できるが、被検査物の表面がドーム形状で、その表面に存在する凹凸欠陥を認識しようとする場合には、検査光学系のセッティングが難しく、確実な検査ができなかった。

【0004】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、表面がドーム形状の被検査物について、その表面に存在する凹凸欠陥を検出できるような外観検査方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の外観検査方法によれば、上記の課題を解決するために、図1に示すように、ドーム形状の被検査物1を撮像して得られた曲線特徴ラインL上の複数点の位置を認識することにより曲線

特徴ラインLの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うものである。ここで、ドーム形状の被検査物1から曲線特徴ラインLを得るには、表面にレーザ光をライン状に照射し、その反射光をスクリーン3に投影する方法が有効である。また、曲線特徴ラインの形状を認識するためには、例えば、任意の3点より予め設定された方向に曲線特徴ライン上の点を探索し、ある濃度値以上の値を持つ画素を曲線特徴ライン上の点として認識するという方法がある。そして、認識された3点を用いて円弧を作成し、作成された円弧の大きさを少し増加方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して拡大された曲線検査ラインを作成するとともに、前記作成された円弧の大きさを少し減少方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して縮小された曲線検査ラインを作成すれば、簡単に曲線検査ラインを作成できる。

【0006】ここで、検査ラインは曲線に限らず直線でも良く、例えば、所定の間隔で設定された複数本の探索ライン上を走査することにより、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識し、認識された任意の2点間で接線検査ラインを設定し、接線検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うことも可能である。この場合において、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識するために、所定の間隔で設定された複数本の探索ラインは、曲線特徴ラインの曲率の大きい被検査部分については、走査間隔を小さく設定されることが好ましい。また、曲線特徴ライン上の点であると認識する基準については、探索ライン上の画素の持つ濃度値又は微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ曲線特徴ライン上の点であると認識する方法がある。また、ノイズを除去するために、検査画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の濃度値又は微分値をしきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識することが好ましい。さらに、後述するように、微分方向値やその連続性、エッジ画像のフラグ点なども利用できる。

【0007】

【発明の実施の形態】（実施例1）図1は本発明の外観検査方法を実施するための検査光学系の外観を示す斜視図である。図中、1はドーム形状の被検査物であり、例えば火災感知器のようなものである。2はライン光源であり、例えば半導体レーザを用いて被検査物の表面にライン光を照射する。3は被検査物の表面からの反射光を投影するためのスクリーンである。4はスクリーン上の投影像Lを撮像するテレビカメラであり、例えば、CCDカメラにより構成される。この検査光学系では、被検

査物1を矢印の方向に回転させることができ、被検査物1を回転させながら、複数回の撮像を行うことができる。被検査物1の回転軸はドーム形状の中心軸と略一致させており、被検査物1が回転しても投影像の位置は殆ど変動しない。なお、スクリーン3は半透明のものとして透過光を撮影しているが、これは不透明のスクリーンに置き換えて反射光を撮影しても良い。また、ライン光源をビーム光源に置き換えてCCDカメラの電荷蓄積時間中に光ビームをライン状に走査することにより、等価的にライン光源としても良い。

【0008】図2は画像処理系のブロック図である。テレビカメラ4により撮像されたスクリーン投影像はA/D変換器5によりデジタルの濃淡画像に変換されて画像メモリ7に原画像として取り込まれる。画像メモリ7に取り込まれた濃淡画像は前処理部6により所定の画像処理を施されて、後述の微分画像、微分方向値画像、並びにエッジ画像に変換され、再び画像メモリ7に記憶される。これらの前処理後の画像は判定部8で評価されて、凹凸欠陥の有無を判定される。以上の図1に示す検査光学系及び図2に示す画像処理系のシステム構成を、以下、「システム構成1」と呼ぶ。

【0009】ここで、前処理部6による画像処理については、当社の特開平3-175343号公報に詳しく開示されているが、その要点を改めて説明すると、以下の通りである。まず、スクリーンを撮像して得られる原画像は、例えば図3に示すような濃淡画像であり、この濃淡画像からレーザライン光特徴画像を抽出する処理は、濃度を微分することによって濃度変化が大きい部分、すなわち、エッジを検出するという考え方を基本にしている。微分処理は、図4に示すように、原画像を3×3画素の局所並列ウィンドウに分割して行う。つまり、注目する画素Eと、その画素Eの周囲の8画素（8近傍）A～D、F～Iとで局所並列ウィンドウを形成し、局所並列ウィンドウ内の画素A～Iの濃度の縦方向の濃度変化 ΔV と横方向の濃度変化 ΔH とを次式によって求め、

$$\Delta V = (A + B + C) - (G + H + I)$$

$$\Delta H = (A + D + G) - (C + F + I)$$

さらに、微分絶対値 $|e|$ と微分方向値 $\angle e$ とを次式によって求めるのである。

$$|e| = \sqrt{(\Delta V^2 + \Delta H^2)}$$

$$\angle e = \tan^{-1}(\Delta V / \Delta H) + \pi / 2$$

ただし、A～Iは対応する画素の濃度を示している。上式から明らかなように、微分絶対値 $|e|$ は、原画像の着目する画素の近傍領域における濃度の変化率を表し、微分方向値 $\angle e$ は、同近傍領域における濃度変化の方向に直交する方向を表している。

【0010】以上の演算を原画像の全画素について行うことにより、レーザライン光特徴画像のような背景に対する濃度変化が大きい部分と、その変化の方向とを抽出することができるのである。ここに、各画素の濃度を、

微分絶対値 $|e|$ で表現した画像を微分絶対値画像、微分方向値 $\angle e$ で表現した画像を微分方向値画像と呼ぶ。

【0011】次に、細線化処理が施される。細線化処理は、微分絶対値が大きいほど濃度変化が大きいことを表している点に着目して行われる。すなわち、各画素の微分絶対値を周囲の画素の微分絶対値と比較し、周囲の画素よりも大きくなるものを連結していくことにより、1画素の幅を有したエッジを抽出するのである。

【0012】図5に示すように、各画素の位置をX-Y座標で表わし、微分絶対値をZ軸に取った微分絶対値画像を考えれば、細線化処理は、この曲面における稜線を求めることに相当する。ここまでの処理により、微分絶対値の大小にかかわらず、すべての稜線が抽出される。この段階で得られている稜線には、ノイズ等による不要な小さな山も含まれているから、図6に示すように、適宜しきい値を設定し、このしきい値以上の値のみを採用してノイズ成分を除去する。この処理で得られた画像は、原画像のコントラストが不十分であるときや、ノイズが多いようなときには、不連続線になりやすい。そこで、エッジ延長処理を行う。エッジ延長処理では、不連続線の端点から始めて、注目する画素とその周囲の画素とを比較し、次式で表される評価関数が最も大きくなる方向に線を延長し、他の線の端点に衝突するまでこれを続ける。

【0013】 $f(e_j) = |e_j| \cdot \cos(\angle e_j - \angle e_0) \cdot \cos\{(j-1)\pi/4 - \angle e_0\}$ ここに、 e_0 は中心画素（局所並列ウィンドウのEに相当する）の微分データ

であり、 e_j は隣接画素（局所並列ウィンドウの8近傍に相当する）の微分データであり、 $j = 1, 2, \dots, 8$ である。

【0014】以上の処理により、図6に示すように、原画像において濃度変化が大きい部分をなぞるようなエッジ画像が得られる。エッジ画像は、レーザライン光特徴画像を表すものとみなせる。以上の前処理により、原画像、微分絶対値画像、微分方向値画像、エッジ画像の4種類の画像が得られ、各画像はそれぞれ原画像メモリ71、微分絶対値画像メモリ72、微分方向値画像メモリ73、エッジ画像メモリ74に記憶される。以下の説明では、各画像の画素の位置をX-Y座標で表現するものとし、各画像における画素の濃度をそれぞれ $f_1(x, y)$ 、 $f_2(x, y)$ 、 $f_3(x, y)$ 、 $f_4(x, y)$ とする。

【0015】原画像は、濃淡画像であって、濃度は通常8ビットで表されるから、各画素における濃度 $a (= f_1(x, y))$ は、 $0 \leq a \leq 255$ となる。また、微分絶対値画素の濃度（すなわち、微分絶対値） $b (= f_2(x, y))$ は、例えば6ビットで表され、 $0 \leq b \leq 63$ となり、微分方向値画像の濃度（すなわち、微分方向値） $c (= f_3(x, y))$ は、例えば16方向で表さ

れ、 $0 \leq c \leq 15$ となる。エッジ画像については、線の有無のみであるから、線となる画素は“1”、それ以外の画素は“0”として表される。つまり、 $f_4(x, y)$ の値域は $\{0, 1\}$ となる。なお、以下の説明においては、濃度という用語は白の濃度を表し、濃度値が大きいほど明るいものとする。

【0016】次に、判定部8では、図3に示すように、エッジ画像について、検査領域を適宜設定する。検査領域が設定されると、図3に矢印で示すように、エッジ画像内で検査領域内をラスタ走査することにより、 $f_4(x, y) = 1$ となる画素を検出しフラグ点とする。このフラグ点を始点として、8近傍について $f_4(x, y) = 1$ となる画素を抽出しながら輪郭線の追跡を行う。こうして輪郭線を追跡することにより、輪郭線の上の全画素の座標がわかるから、X座標およびY座標の最大値と最小値とをそれぞれ求める。X座標およびY座標の最大値と最小値とを求める方法としては、輪郭線を追跡して全座標をバッファに格納した後を求める方法と、全座標を格納することなく輪郭線の追跡中に座標の大小関係を比較しながら求める方法とがある。以上のようにして、輪郭線のX座標およびY座標の最大値 X_{max} 、 Y_{max} と最小値 X_{min} 、 Y_{min} とを求めることができる。図3に示すように、レーザライン光特徴画像に外接する四角形の欠陥候補領域を設定することができる。こうして欠陥候補領域を設定した後、図3に示すように、欠陥候補領域の中心点 o を設定する。中心点 o は、アーチ状のレーザライン光特徴画像の凹面側に設定する。

【0017】以上の画像処理手順は、当社の特開平3-175343号公報に詳しく開示されている。この画像処理手順を用いて、微分絶対値、微分方向値、エッジ抽出、エッジ延長等の画像処理を施して特徴ラインの画像を得る。そして、この特徴ライン上に発生する凹凸欠陥特徴部を検出することにより良品判定を行う。ドーム形状の被検査物に照射されたレーザライン光の投影像は、良品の場合は図7に示す形状となり、表面に凹凸欠陥が存在する場合は図8(a)～(c)に例示するような形状となる。良品面での反射、投影パターンは滑らかなアーチ状(弓形)であるが、凹凸欠陥部では反射角度が変化するため、投影パターンの一部で曲率が急変する。図8(a)～(c)の矢印で示した箇所が凹凸欠陥に対応する投影パターンの乱れである。

【0018】被検査物の表面に凹凸欠陥が存在する場合には、図8のような画像になる原理を図9に示した。図中の光路(2)、(3)は図8(a)、(b)にそれぞれ対応している。被検査物の表面に欠陥が無い場合(図9の破線で示す表面形状の場合)には、光路(1)を通るので、図7のようなアーチ状の投影パターンとなる。

【0019】図10は本発明の実施例1の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。この実施例では、被検査物をCCDカメラを用いて撮像する。撮像された画像

を画像処理装置において微分、微分方向、エッジ抽出、エッジ延長等の画像処理を施し特徴抽出を行う。求められた特徴画像を基準として拡大縮小を行い、特徴画像周辺に特徴画像と同形状の検査ライン(図11(a)参照)あるいは特徴画像周辺に接線等の検査ライン(図11(b)参照)を設定する。作成された検査ライン上を探索することにより濃度値、微分値、微分方向値の変化点を求めて、その周辺の画像データをもとに特徴ライン上の凹凸欠陥を認識する。

【0020】(実施例2)図12は本発明の実施例2の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。この実施例では、上述のシステム構成1で示す光学系において、レーザライン光を被検査物1に照射し、被検査物1を回転させながら、反射光の投影像 L をテレビカメラ4により撮像する。撮像された画像に対して、図2に示した画像処理装置の前処理部6により、微分絶対値、微分方向値の各画像を求めたり、エッジ延長等の処理を施して特徴抽出する。

【0021】次に、画像処理装置の判定部8では、求められた特徴画像を基準として拡大縮小を行い、特徴画像周辺に特徴画像と同形状の検査ライン(図11(a)参照)あるいは特徴画像周辺に接線等の検査ライン(図11(b)参照)を設定する。作成された検査ライン上を探索することにより濃度値、微分値、微分方向値の変化点を求めて、その周辺の画像データをもとに特徴ライン上の凹凸欠陥を認識する。

【0022】(実施例3)図13は本発明の実施例3の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。この実施例では、上述のシステム構成1で示す光学系において、レーザライン光を被検査物1に照射し、被検査物1を回転させながら、反射光の投影像 L をテレビカメラ4により撮像する。撮像された画像に対して、図2に示した画像処理装置の前処理部6により、微分絶対値、微分方向値の各画像を求めたり、エッジ延長等の処理を施して特徴抽出する。

【0023】次に、画像処理装置の判定部8では、求められた特徴画像に対して、図14の矢印 a 、 b 、 c に示すように、3方向から位置認識アルゴリズムを走査し、特徴画像上のポイント3点を求める。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーン(白)と比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置の3点から位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい微分値、あるいは濃度値を持つ画素を探索する。この探索は、上述の画像メモリ71～74に格納された画像データ(微分値、微分方向値、エッジ延長画像)の組み合わせなどにより安定して求めることができる。例として、位置認識走査ライン上を探索しながらエッジフラグが存在し(条件1)、さらに微分方向値がある設定範囲にある(条件2)画素を探索し、条

件1、2を満足すれば、次にその画素の持つ微分値が予め設定されたしきい値よりも大きいか否かを判定し、大きければレーザライン光特徴画像と認識する処理を行う。

【0024】次に、このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上のポイント3点を利用して円形状検査ラインを作成する。作成された円形状検査ラインの半径を拡大、縮小することにより、図15に示すように、特徴画像付近に拡大検査ライン、縮小検査ラインを設定し、これら検査ライン上の濃度値、微分値、微分方向値の変化点を求めて、その周辺の画像データをもとに特徴ライン上の凹凸欠陥を認識する。

【0025】(実施例4)図16は本発明の実施例4の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。この実施例では、上述のシステム構成1で示す光学系において、レーザライン光を被検査物1に照射し、被検査物1を回転させながら、反射光の投影像Lをテレビカメラ4により撮像する。撮像された画像に対して、図2に示した画像処理装置の前処理部6により、微分絶対値、微分方向値の各画像を求めたり、エッジ延長等の処理を施して特徴抽出する。

【0026】次に、画像処理装置の判定部8では、求められた特徴画像に対して、図17の縦方向の6本の線で例示されるように、複数方向から位置認識アルゴリズムを走査し、特徴抽出された画像データを用いて特徴画像上のポイントを求める。その手法は実施例3で説明した手法と同様である。すなわち、スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーン(白)と比較しても明るく、微分値も大きい特徴があるので、その特徴を利用して、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から任意の方向に位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい微分値、あるいは濃度値を持つ画素を探索する。この探索は、上述の画像メモリ71〜74に格納された画像データ(微分値、微分方向値、エッジ延長画像)の組み合わせなどにより安定して求めることができる。例として、位置認識走査ライン上を探索しながらエッジフラグが存在し(条件1)、さらに微分方向値がある設定範囲にある(条件2)画素を探索し、条件1、2を満足すれば、次にその画素の持つ微分値が予め設定されたしきい値よりも大きいか否かを判定し、大きければレーザライン光特徴画像と認識する処理を行う。

【0027】次に、このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上のポイントのうち、任意の2点ずつの組み合わせ(例えば隣接する2点の組み合わせ)により、図17のように、特徴画像周辺に接線検査ラインをレーザライン光特徴画像と重ならない位置に作成する。作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上の濃度値、微分値、微分方向値の変化点を求めて、その周辺の画像データをもとに特徴ライン上の凹

凸欠陥を認識する。

【0028】(実施例5)図18は本発明の実施例5の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。この実施例では、上述のシステム構成1で示す光学系において、レーザライン光を被検査物1に照射し、被検査物1を回転させながら、反射光の投影像Lをテレビカメラ4により撮像する。撮像された画像に対して、図2に示した画像処理装置の前処理部6により、微分絶対値、微分方向値の各画像を求めたり、エッジ延長等の処理を施して特徴抽出する。

【0029】次に、画像処理装置の判定部8では、求められた特徴画像に対して、図17又は図19の縦方向の6本の線で例示されるように、複数方向から位置認識アルゴリズムを走査し、特徴抽出された画像データを用いて特徴画像上のポイントを求める。その手法は実施例3又は4で示した手法と同様である。求められたポイントのうち、任意の2点ずつの組み合わせにより、図17又は図19のように、特徴画像周辺に接線検査ラインをレーザライン光特徴画像と重ならない位置に作成する。作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上の濃度値、微分値、微分方向値の変化点を求めて、その周辺の画像データをもとに特徴ライン上の凹凸欠陥を認識する。

【0030】本実施例では、図20のa部あるいはb部のように曲率の大きい部分については、図17のような粗い走査間隔では検査ラインを精度良く設定することができないので、この部分については、図19のように、位置認識アルゴリズムの走査間隔を小さくして設定することにより、レーザライン光特徴画像に近似した接線検査ラインを設定し、凹凸欠陥を安定して検出できるようにしている。

【0031】(実施例6)本発明の実施例6は、上述の実施例4又は5の一変形例であり、処理手順を示す流れ図は、図16又は図18と同様である。上述のように、スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい濃度値を持つ画素を探索する。この探索方法は、各探索ラインの走査開始点より最終点まで順次各画素の持つ濃度値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0032】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成

された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0033】（実施例7）本発明の実施例7は、上述の実施例4又は5の他の変形例であり、処理手順を示す流れ図は、図16又は図18と同様である。上述のように、スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい微分値を持つ画素を探索する。この探索方法は、各探索ラインの走査開始点より最終点まで順次各画素の持つ微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0034】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0035】（実施例8）本発明の実施例8は、上述の実施例4又は5のさらに他の変形例であり、処理手順を示す流れ図は、図16又は図18と同様である。上述のように、スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい濃度値を持つ画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内の各画素と再度、しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい濃度値を持つ画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0036】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0037】本実施例は、レーザライン光特徴画像上の点を正確に認識するために、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができるようにしたものである。この作用を図21(a)、(b)

により説明する。この例では、 $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウとして、検出画素の周囲に 10×10 画素のウィンドウを設定している。

【0038】図21(a)の場合には、 $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ内にしきい値を超える画素が連続して存在してはいないので、この検出画素はレーザライン光特徴画像上のポイントではないとして無視する。図中、 $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウの下辺に記された「1」は、その列にしきい値を超える画素が存在することを示しており、「0」はしきい値を超える画素が存在しないことを示している。

【0039】図21(b)の場合には、しきい値よりも大きい濃度値を持つ画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在するので、検出画素をレーザライン光特徴画像上の点と認識する。図中、斜線を施した丸は検出画素を示しており、白丸はしきい値よりも大きい濃度値を持つ画素を示している。白丸は画像データ測定ウィンドウの縦、横1辺で連続して存在していれば良い。

【0040】（実施例9）本発明の実施例9は、上述の実施例8の一変形例であり、濃度値に代えて微分値に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、あるしきい値よりも大きい微分値を持つ画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内の各画素と再度、しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい微分値を持つ画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0041】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0042】本実施例においても、実施例8と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。（実施例10）

【0043】本発明の実施例10は、上述の実施例9の一変形例であり、微分値と微分方向値とに着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特

徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、各走査ライン毎にあるしきい値よりも大きい微分値を持つ画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ

(図21)を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内の各画素と再度、微分しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい画素の持つ微分方向値が予め設定された範囲にある画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0044】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0045】本実施例においても、実施例8又は9と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。なお、レーザライン光特徴画像の持つ微分方向値は予め分かっているものとする。

【0046】ここで、微分方向値について再度説明しておく。上述のように、図2に示す画像処理装置では、濃度の変化方向を微分方向値画像として格納する機能を有している。微分方向値は、濃度変化方向として0～Fまでの16方向の値を持っている。濃度変化方向と微分方向値の関係を図22に示す。図23に示すレーザライン光特徴画像(良品の場合)では、微分方向値は図中に記入したようになる。同図において、背景は黒で、レーザライン光の輝度のある部分を白とする。微分方向値は、黒から白に変化する方向を示すと定義する。良品の場合、図23に示すように、特徴ラインの周辺の微分方向値は上側でA～E、下側で2～6までの連続値を示している。しかし、不良が存在する場合、図24に示すように、微分方向値の連続性が崩れてしまう特徴がある。その特徴を利用して、レーザライン光特徴画像上に現れる凹凸欠陥のみを抽出することができる。

【0047】すなわち、良品の場合、上側の微分方向値パターンが図25(a)に示すように画像の左からA-B-C-D-Eと変化している。この変化パターンを予め良品パターンとして記憶しておき、検査時に特徴画像上を探索して得た変化パターンと比較する。不良が存在する場合、微分方向値のパターンは図25(b)に示すように画像の左からA-B-C-A-B-C-D-E-C-D-Eと変化するので、良品パターンとの相違点を求めることにより良否判定を行うことができる。例え

ば、Cの次は必ずDが来ると仮定して、このルールに反する場合には不良と判定することにより、簡単に検査を行うことができる。次に、この微分方向値の連続性を利用した実施例について説明する。

【0048】(実施例11)本発明の実施例11は、上述の実施例10の一変形例であり、微分値と微分方向値と微分方向値の連続性に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、各走査ライン毎にあるしきい値よりも大きい微分値を持つ画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ(図21)を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内の各画素と再度、微分しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい画素の持つ微分方向値が予め設定された範囲にあり、さらに微分方向値が連続して変化している画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0049】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0050】本実施例においても、実施例8～10と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。なお、レーザライン光特徴画像の持つ微分方向値は予め分かっているものとする。また、レーザライン光特徴画像の位置認識が走査している位置認識アルゴリズムで1本でもできない場合は不良と判定する。

【0051】ところで、図2に示した画像処理装置のエッジ画像メモリ74には、 $f_4(x, y) = 1$ となるフラグ点(エッジフラグ)が記憶されている。このエッジフラグが存在する画素は、原画像において濃度変化が大きい部分であるので、レーザライン光特徴画像上のポイントである可能性が極めて高い。そこで、エッジフラグが存在する画素を図21の検出画素として周囲に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定することにより、上述の実施例8～11をそれぞれ変形した以下の実施例12～15が構成される。

【0052】(実施例12)本発明の実施例12は、上述の実施例8の一変形例であり、エッジフラグと濃度値に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識

するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、走査ライン上にエッジ延長画像のエッジフラグが存在する画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内のエッジフラグが存在する画素と再度、濃度値しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい濃度値を持つ画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0053】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0054】本実施例においても、実施例8と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。

【0055】（実施例13）本発明の実施例13は、上述の実施例9の一変形例であり、エッジフラグと微分値に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、走査ライン上にエッジ延長画像のエッジフラグが存在する画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内のエッジフラグが存在する画素と再度、微分しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい微分値を持つ画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0056】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0057】本実施例においても、実施例9と同様に、

スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。

【0058】（実施例14）本発明の実施例14は、上述の実施例10の一変形例であり、エッジフラグと微分値と微分方向値に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、各走査ライン上にエッジ延長画像のエッジフラグが存在する画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内のエッジフラグが存在する画素と再度、微分しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい画素の持つ微分方向値が予め設定された範囲にある画素が画像データ測定ウィンドウ内に連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0059】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0060】本実施例においても、実施例10と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。なお、レーザライン光特徴画像の持つ微分方向値は予め分かっているものとする。

【0061】（実施例15）本発明の実施例15は、上述の実施例11の一変形例であり、エッジフラグと微分値と微分方向値と微分方向値の連続性に着目してレーザライン光特徴画像上のポイントを認識するものである。スクリーン上に投影されたレーザライン光特徴画像は、スクリーンと比較しても明るく、微分値も大きい特徴がある。その特徴を利用して、本実施例では、レーザライン光特徴画像に対して任意の位置から複数の位置認識アルゴリズムを走査し、各走査ライン上にエッジ延長画像のエッジフラグが存在する画素を探索し、求められた画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウ（図21）を設定する。次に、画像データ測定ウィンドウ内のエッジフラグが存在する画素と再度、微分しきい値とを比較し、しきい値よりも大きい画素の持つ微分方向値が予め設定された範囲にあり、さらに微分方向値が連続して変化している画素が画像データ測定ウィンドウ内に

連続して存在する場合にそのポイントをレーザライン光特徴画像上の点と認識する。

【0062】このような処理により求められたレーザライン光特徴画像上の複数のポイントを用いて図17又は図19に示すように接線検査ラインを作成する。接線検査ラインの作成方法は、求められたポイントのうち任意の2点を用いて、レーザライン光特徴画像と重ならない位置に検査ラインを設定するものである。そして、作成された検査ライン上の画像データを用いて、検査ライン上に発生する凹凸欠陥を認識する。

【0063】本実施例においても、実施例11と同様に、スクリーン上に何らかの原因でノイズが存在する場合でも無視することができ、レーザライン光特徴画像上のポイントを正確に認識することができる。なお、レーザライン光特徴画像の持つ微分方向値は予め分かっているものとする。

【0064】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、ドーム形状の被検査物を撮像して得られた曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより曲線特徴ラインの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うようにしたので、ドーム形状の被検査物の表面に発生する凹凸欠陥を外観検査により判定することができるという効果がある。また、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより、曲線特徴ラインの形状を認識しているので、曲線特徴ラインの半径や円弧の大きさといった特徴パラメータとして形状を認識できるものであり、したがって、元の曲線特徴ラインを変形した検査ラインを容易に作成できるという利点がある。

【0065】請求項2の発明によれば、ドーム形状の被検査物の表面にレーザ光をライン状に照射し、その反射光をスクリーンに投影して得られる曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより曲線特徴ラインの形状を認識し、該認識結果に基づいて任意形状の検査ラインを作成し、その検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うようにしたので、ドーム形状の被検査物の表面に発生する凹凸欠陥を外観検査により判定することができるという効果がある。また、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識することにより、曲線特徴ラインの形状を認識しているので、曲線特徴ラインの半径や円弧の大きさといった特徴パラメータとして形状を認識できるものであり、したがって、元の曲線特徴ラインを変形した検査ラインを容易に作成できるという利点がある。

【0066】請求項3の発明によれば、請求項1又は2の発明において、曲線特徴ラインの形状を認識するために、任意の3点より予め設定された方向に曲線特徴ライン上の点を探索し、ある濃度値以上の値を持つ画素を曲

線特徴ライン上の点として認識し、認識された3点を用いて円弧を作成し、作成された円弧の大きさを少し増加方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して拡大された曲線検査ラインを作成するとともに、作成された円弧の大きさを少し減少方向に変化させることにより元の曲線特徴ラインに対して縮小された曲線検査ラインを作成するようにしたので、拡大された曲線検査ラインや縮小された曲線検査ラインを容易に作成することができるという利点がある。

【0067】請求項4の発明によれば、請求項1又は2の発明において、所定の間隔で設定された複数本の探索ライン上を走査することにより、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識し、認識された任意の2点間で接線検査ラインを設定し、接線検査ライン上の画像データを用いて被検査物表面に発生する凹凸欠陥部を認識して良否判定を行うようにしたので、曲線検査ラインに比べて作成の容易な接線検査ラインを用いて外観検査を行うことができるという効果がある。

【0068】請求項5の発明によれば、請求項4の発明において、曲線特徴ライン上の複数点の位置を認識するために、所定の間隔で設定された複数本の探索ラインは、曲線特徴ラインの曲率の大きい被検査部分については、走査間隔を小さく設定されるものであるから、曲率の大きい部分についてはきめ細かく検査することができ、これにより、検査品質を安定させることができるという効果がある。

【0069】請求項6又は7の発明によれば、請求項4又は5の発明において、探索ライン上の画素の持つ濃度値又は微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ曲線特徴ライン上の点と認識するようにしたので、画像データをしきい値と比較するだけで容易に曲線特徴ライン上の点を認識できるという効果がある。

【0070】請求項8又は9の発明によれば、請求項4又は5の発明において、探索ライン上の画素の持つ濃度値あるいは微分値を予め設定されたしきい値と比較し、しきい値よりも大きければ、その画素を中心に $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定し、ウィンドウ内の各画素の濃度値あるいは微分値としきい値とを比較し、連続してしきい値よりも大きい画素が存在する場合に曲線特徴ライン上の点と認識するようにしたので、ノイズ等が存在する場合でも誤認することなく、正確に曲線特徴ライン上の点を認識できるという効果がある。さらに、請求項10又は11の発明によれば、微分方向値やその連続性にも着目したので、より一層、正確に曲線特徴ライン上の点を認識できるという効果がある。

【0071】請求項12～15の発明によれば、請求項8～11の発明において、 $n \times m$ 画素の画像データ測定ウィンドウを設定する基準として、濃度値が大きく変化している画素を示すエッジフラグが存在するか否かに着

目したので、画像データを有効に利用して、曲線特徴ライン上の点を認識できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の外観検査方法を実施するための検査光学系の外観を示す斜視図である。

【図2】本発明の外観検査方法を実施するための画像処理系のブロック図である。

【図3】本発明の外観検査方法によりスクリーンを撮像して得られる原画像の一例を示す説明図である。

【図4】本発明の外観検査方法で用いる局所並列ウィンドウの説明図である。

【図5】本発明の外観検査方法で用いる微分絶対値画像の一例を示す説明図である。

【図6】本発明の外観検査方法で用いるエッジ延長処理の説明図である。

【図7】本発明における被検査物が良品の場合の投影像を示す説明図である。

【図8】本発明における被検査物が不良品の場合の投影像を示す説明図である。

【図9】本発明における被検査物の表面での反射光路を示す説明図である。

【図10】本発明の実施例1の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。

【図11】本発明の実施例1における検査ラインの作成例を示す説明図である。

【図12】本発明の実施例2の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。

【図13】本発明の実施例3の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。

【図14】本発明の実施例3の外観検査方法に用いる位置認識による探索の原理説明図である。

【図15】本発明の実施例3における検査ラインの作成例を示す説明図である。

【図16】本発明の実施例4の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。

【図17】本発明の実施例4の外観検査方法における接点検査ラインの設定例を示す説明図である。

【図18】本発明の実施例5の外観検査方法の処理手順を示す流れ図である。

【図19】本発明の実施例5の外観検査方法における接点検査ラインの設定例を示す説明図である。

【図20】本発明の実施例5の外観検査方法における曲線特徴ラインの曲率の大きい部分を示す説明図である。

【図21】本発明の実施例8～15の外観検査方法に用いる画像データ測定ウィンドウの説明図である。

【図22】本発明の実施例10又は11で用いる微分方向値と濃度変化方向の関係を示す説明図である。

【図23】本発明の実施例10又は11で用いる微分方向値を良品に対する特徴画像上に記入して示した説明図である。

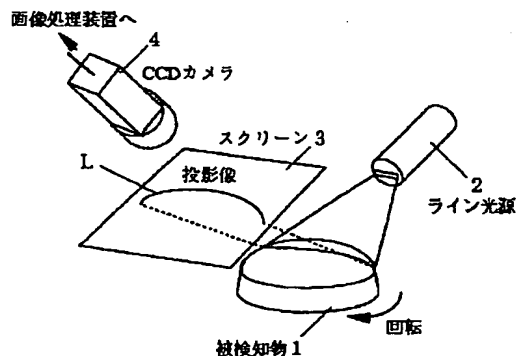
【図24】本発明の実施例10又は11で用いる微分方向値を不良品に対する特徴画像上に記入して示した説明図である。

【図25】本発明の実施例10又は11で用いる微分方向値の連続性を良品の場合と不良品の場合についてそれぞれ示す説明図である。

【符合の説明】

- 1 被検査物
- 2 ライン光源
- 3 スクリーン
- 4 CCDカメラ
- L 投影像

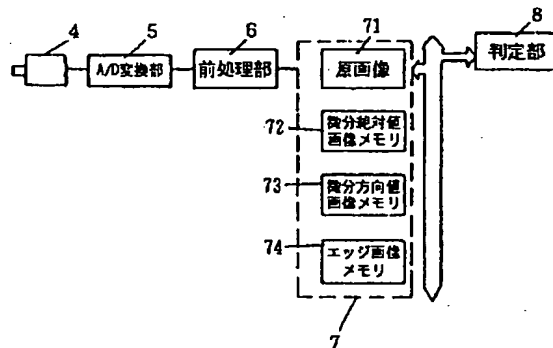
【図1】



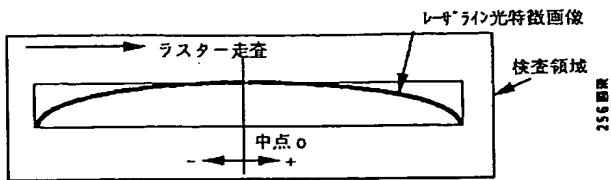
【図7】



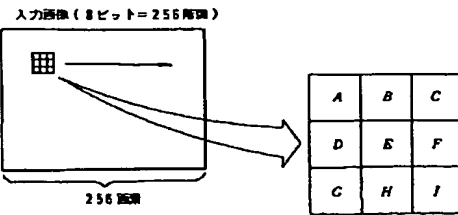
【図2】



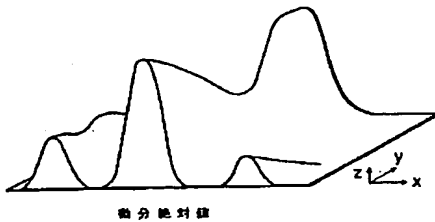
【図3】



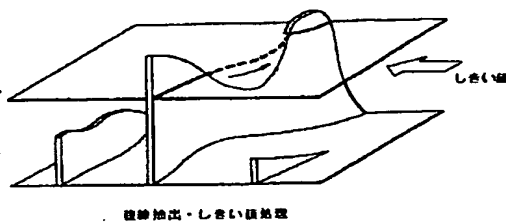
【図4】



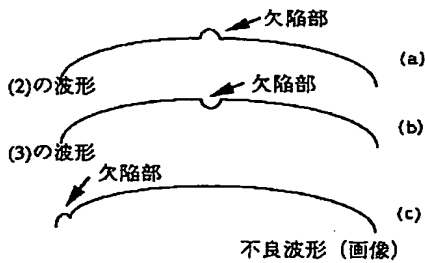
【図5】



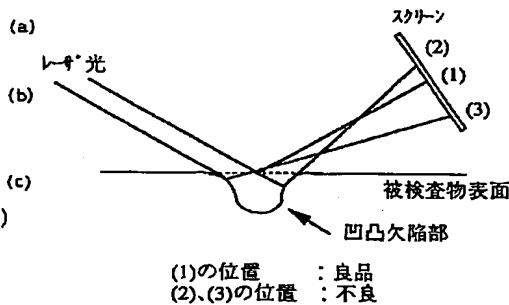
【図6】



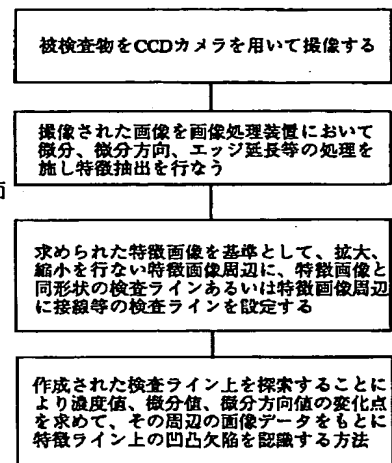
【図8】



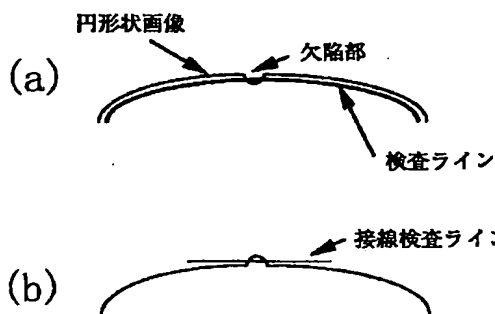
【図9】



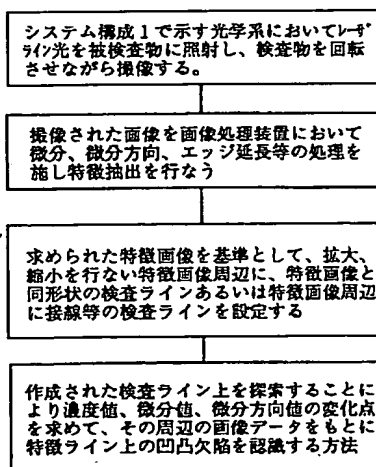
【図10】



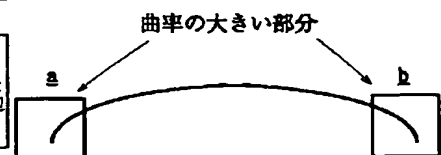
【図11】



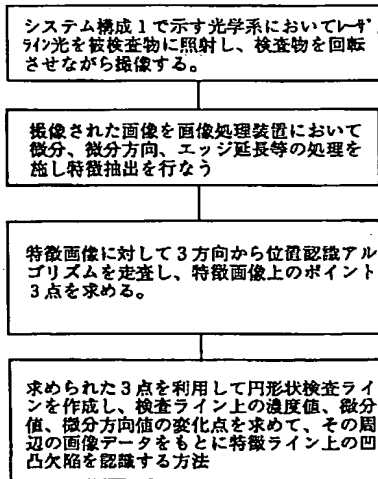
【図12】



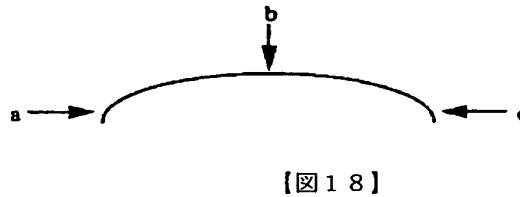
【図20】



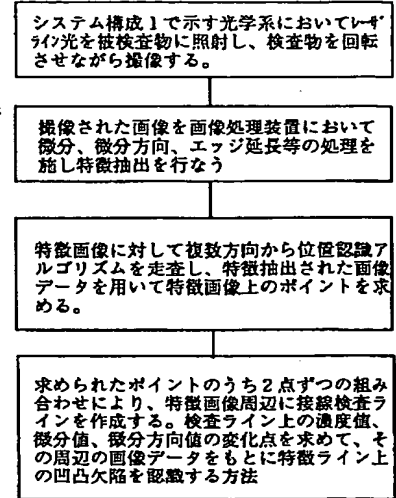
【図13】



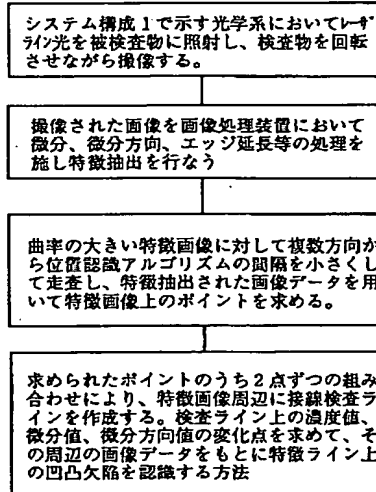
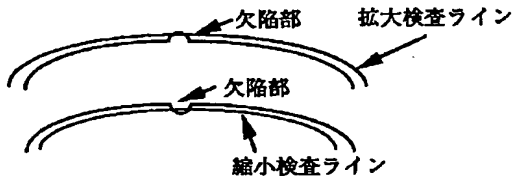
【図14】



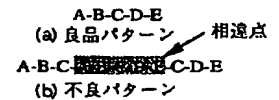
【図16】



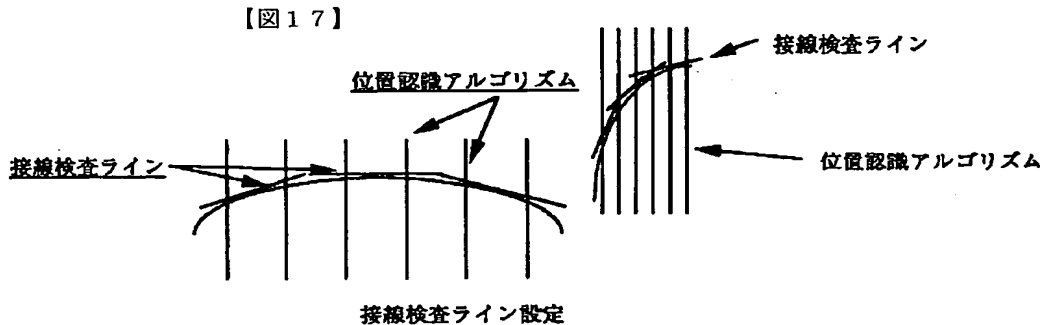
【図15】



【図25】

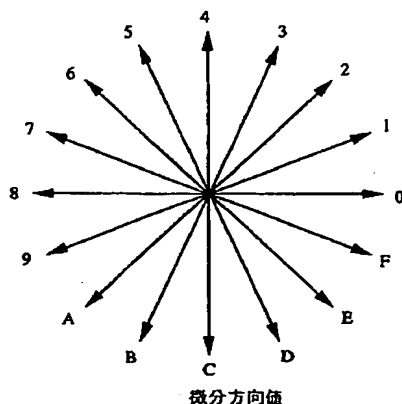


【図19】

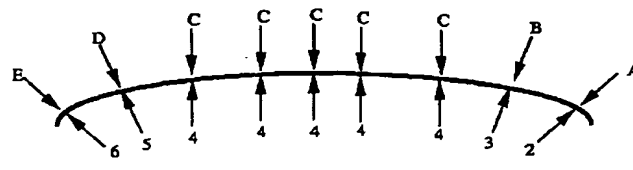


【図17】

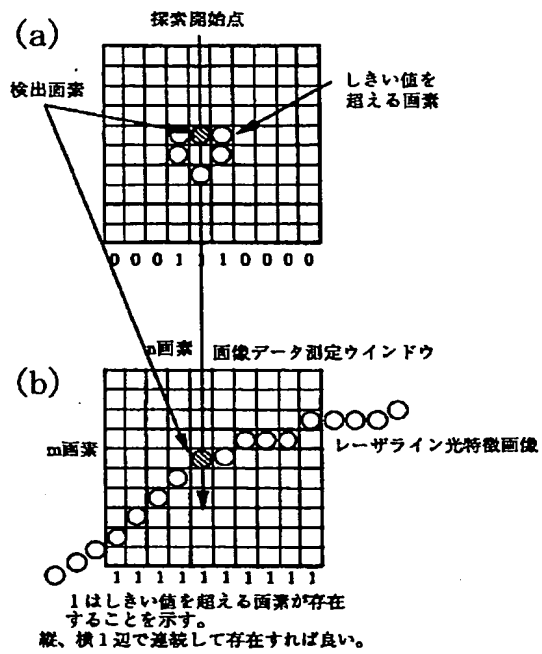
【図22】



【図23】



【図 2 1】



【図 2 4】

